

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift
⑯ DE 3908475 A1

⑯ Int. Cl. 4:

F02B 33/44

F 02 B 27/00

F 02 B 37/12

Offenlegungsschrift

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯

15.03.88 JP P 61143/88 27.04.88 JP P 105107/88

⑯ Anmelder:

Mazda Motor Corp., Hiroshima, JP

⑯ Vertreter:

Louis, D., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., 8183
Rottach-Egern; Pöhlau, C., Dipl.-Phys., 8500
Nürnberg; Lohrentz, F., Dipl.-Ing., 8130 Starnberg;
Segeth, W., Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte, 8500
Nürnberg

⑯ Erfinder:

Hitomi, Mitsuo; Nishikawa, Toshio; Hinatase,
Humio; Takeuti, Novuo, Hiroshima, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Ansaugsystem für eine aufgeladene Brennkraftmaschine

Eine aufgeladene Brennkraftmaschine ist mit einer Regel- einrichtung versehen, die den Ladedruck im Ansaugkanal stromab des Kompressors des Turboladers begrenzt, so daß dieser einen vorbestimmten Wert nicht übersteigt. Der Ansaugkanal hat einen ersten sowie zweiten Druckfortpflanzungsweg stromab vom Kompressor. Die durch den Saughub des Brennraumes erzeugte Druckwelle wird im wesentlichen längs des ersten Druckfortpflanzungsweges, wenn die Maschine mit einer Drehzahl in einem niedrigen Drehzahlbereich unter starker Belastung arbeitet, und im wesentlichen längs des zweiten Druckfortpflanzungsweges, wenn die Maschine mit einer Drehzahl in einem hohen Drehzahlbereich arbeitet, ausgebreitet. Der Teil des Ansaugkanals, der den ersten Druckfortpflanzungsweg bestimmt, wird so ausgebildet, daß eine Aufladewirkung durch einen kinetischen Effekt der Ansaugluft, der bei einer vorbestimmten Motordrehzahl im niedrigen Drehzahlbereich sein Maximum erreicht, erlangt werden kann. Der Teil des Ansaugkanals, der den zweiten Druckfortpflanzungsweg bestimmt, ist so ausgebildet, daß eine Aufladewirkung durch einen kinetischen Effekt der Ansaugluft im hohen Motordrehzahlbereich, wenn die Druckwelle längs des zweiten Druckfortpflanzungsweges ausgebreitet wird, besser ist, als wenn die Druckwelle längs des ersten Druckfortpflanzungsweges ausgebreitet wird. Die vorbestimmte Motordrehzahl ist niedriger als eine Grenz-Motordrehzahl für den zweiten Ansaugkanal.

DE 3908475 A1

DE 3908475 A1

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Ansaugsystem für eine mit einem Turbolader ausgestattete Brennkraftmaschine.

Es besteht ein großer Bedarf, das Motor-Ausgangsdrehmoment einer aufgeladenen Brennkraftmaschine im niedrigen Drehzahlbereich zu erhöhen. Da der Abgasdruck im niedrigen Drehzahlbereich des Motors gering ist, kann der Motor nicht in zufriedenstellender Weise durch den Turbolader aufgeladen werden. Ferner kann, wie bekannt ist, bei der aufgeladenen Brennkraftmaschine die Verbrennungsenergie besser genutzt und die Kraftstoffausnutzung über den gesamten Betriebsbereich der Maschine verbessert werden, indem der geometrische Verdichtungsgrad auf wenigstens 9, vorzugsweise auf wenigstens 10, erhöht wird. Wenn jedoch der geometrische Verdichtungsgrad auf ein solches Ausmaß erhöht wird, so werden der Wirkverdichtungsgrad vergrößert und die Temperatur des Luft-Kraftstoffgemischs angehoben, so daß ein Klopfen des Motors hervorgerufen wird. Obgleich das Auftreten eines Motorklopfs unterdrückt werden kann, indem der Zeitpunkt des Schließens des Ansaugventils verzögert wird, wodurch der Wirk-Verdichtungsgrad vermindert wird, so wird, wenn lediglich der Zeitpunkt des Schließens des Ansaugventils verzögert wird, das Luft-Kraftstoffgemisch im niedrigen Drehzahlbereich des Motors zurück in Ansaugkanal geblasen. Dadurch wird zusammen mit der Tatsache, daß die Ladeleistung des Turboladers im niedrigen Drehzahlbereich der Maschinemäßig ist, das Ausgangsdrehmoment der Maschine im niedrigen Drehzahlbereich weiter vermindert.

Um einen Ausgleich für die Verminderung im Ausgangsdrehmoment der Maschine im niedrigen Drehzahlbereich durch Aufladen der Maschine durch einen kinetischen Effekt der Ansaugluft zu erlangen, muß das Ansaugsystem so angeordnet oder ausgebildet werden, daß die Maschine durch den kinetischen Effekt der Ansaugluft bei einer im wesentlichen niedrigen Motordrehzahl aufgeladen werden kann. Wenn jedoch das Ansaugsystem derartig ausgebildet ist, so wirkt es dahingehend, die Ansaugluft-Ladeleistung im hohen Drehzahlbereich der Maschine herabzusetzen, wodurch das Ausgangsdrehmoment der Maschine trotz des Aufladens durch den Turbolader vermindert wird.

Im Hinblick auf die obigen Feststellungen ist es die primäre Aufgabe der Erfindung, ein Ansaugsystem für eine aufgeladene Maschine zu schaffen, durch das das Ausgangsdrehmoment der Maschine im niedrigen Drehzahlbereich erhöht werden kann, ohne das Ausgangsdrehmoment der Maschine in deren hohem Drehzahlbereich nachteilig zu beeinflussen.

Ein Ziel der Erfindung ist hierbei darin zu sehen, ein Ansaugsystem für eine aufgeladene Maschine zu schaffen, durch das die obige Aufgabe gelöst wird und gleichzeitig eine Verminderung des Wirk-Verdichtungsgrades, um das Motorklopfen zu unterdrücken, erreicht werden kann.

Gemäß einem Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird ein Ansaugsystem für eine Brennkraftmaschine geschaffen, das einen an seinem einen Ende mit einem Brennraum der Maschine und an seinem anderen Ende mit der Atmosphäre verbundenen Ansaugkanal sowie einen Turbolader mit einer in einem Abgaskanal der Maschine angeordneten Turbine, die durch den Druck des durch den Abgaskanal strömenden Abgases gedreht wird, und mit einem im Ansaugkanal angeordneten Kompressor, der zu seinem Antrieb mit der Turbine betrieblich verbunden ist, umfaßt. Dieses Ansaugsystem zeichnet sich dadurch aus, daß eine Ladedruck-Steuereinrichtung vorhanden ist, die den Aufladedruck stromab vom Kompressor begrenzt, so daß dieser Druck einen vorbestimmten Wert nicht übersteigt, daß der Ansaugkanal einen stromab vom Kompressor befindlichen ersten sowie zweiten Druckfortpflanzungsweg umfaßt, daß eine Umschalteinrichtung vorhanden ist, die die Druckfortpflanzungswege ändert, so daß die durch den Ansaughub des Brennraumes erzeugte Druckwelle im wesentlichen längs des ersten Druckfortpflanzungsweges, wenn die Maschine mit einer Drehzahl in einem niedrigen Drehzahlbereich unter hoher Belastung arbeitet, und im wesentlichen längs des zweiten Druckfortpflanzungsweges, wenn die Maschine mit einer Drehzahl in einem hohen Drehzahlbereich arbeitet, fortgepflanzt wird, daß der den ersten Druckfortpflanzungsweg bestimmende Abschnitt des Ansaugkanals so ausgebildet ist, daß eine Aufladewirkung durch einen kinetischen Effekt der Ansaugluft, welcher bei einer vorbestimmten Motordrehzahl im niedrigen Drehzahlbereich ein Maximum wird, erhalten werden kann, wobei der Teil des Ansaugkanals, der den zweiten Fortpflanzungsweg bestimmt, so ausgebildet ist, daß eine Aufladewirkung durch einen kinetischen Effekt der Ansaugluft im hohen Drehzahlbereich, wenn die Druckwelle längs des zweiten Druckfortpflanzungsweges fortgepflanzt wird, besser ist, als wenn die Druckwelle längs des ersten Druckfortpflanzungsweges sich ausbreitet, und daß die vorbestimmte Motordrehzahl niedriger als eine Grenz-Motordrehzahl für den zweiten Druckfortpflanzungsweg ist, welche die Motordrehzahl ist, bei welcher die Ladedruck-Steuereinrichtung beginnt, den Aufladedruck abzusenken, wenn die Motordrehzahl mit der weit geöffneten-Drosselklappe erhöht wird, während die Druckwelle sich längs des zweiten Druckfortpflanzungsweges ausbreitet.

Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt der Erfindung wird ein Ansaugsystem für eine Brennkraftmaschine geschaffen, das einen an seinem einen Ende über eine Ansaugöffnung mit einem Brennraum der Maschine und an seinem anderen Ende mit der Atmosphäre verbundenen Ansaugkanal, ein die Ansaugöffnung öffnendes sowie schließendes Einlaßventil, sowie einen Turbolader mit einer in einem Abgaskanal der Maschine angeordneten Turbine, die durch den Druck des durch den Abgaskanal strömenden Abgases gedreht wird, und mit einem im Ansaugkanal angeordneten Kompressor, der zu seinem Antrieb mit der Turbine betrieblich verbunden ist, umfaßt. Dieses Ansaugsystem zeichnet sich dadurch aus, daß eine Ladedruck-Steuereinrichtung vorhanden ist, die den Aufladedruck stromab vom Kompressor begrenzt, so daß dieser Druck einen vorbestimmten Wert nicht übersteigt, daß der Ansaugkanal einen stromab vom Kompressor befindlichen ersten sowie zweiten Druckfortpflanzungsweg umfaßt, daß eine Umschalteinrichtung vorhanden ist, die die Druckfortpflanzungswege ändert, so daß die durch den Ansaughub des Brennraumes erzeugte Druckwelle im wesentlichen längs des ersten Druckfortpflanzungsweges, wenn die Maschine mit einer Drehzahl in einem niedrigen Drehzahlbereich unter hoher Belastung arbeitet, und im wesentlichen längs des zweiten Druckfortpflanzungsweges, wenn die Maschine mit einer Drehzahl in einem hohen Drehzahlbereich arbeitet, fortgepflanzt wird, daß der den ersten Druckfortpflanzungsweg bestimmende Abschnitt des Ansaugkanals so ausgebildet ist, daß eine

Aufladewirkung durch einen kinetischen Effekt der Ansaugluft, welcher bei einer vorbestimmten Motordrehzahl im niedrigen Drehzahlbereich ein Maximum wird, erhalten werden kann, wobei der Teil des Ansaugkanals, der den zweiten Druckfortpflanzungsweg bestimmt, so ausgebildet wird, daß eine Aufladewirkung durch einen kinetischen Effekt der Ansaugluft im hohen Drehzahlbereich, wenn die Druckwelle längs des zweiten Druckfortpflanzungsweges fortgepflanzt wird, besser ist, als wenn die Druckwelle längs des ersten Druckfortpflanzungsweges sich ausbreitet, daß die vorbestimmte Motordrehzahl niedriger ist als eine Grenz-Motordrehzahl für den zweiten Druckfortpflanzungsweg, welche die Motordrehzahl ist, bei welcher die Ladedruck-Steuerung beginnt, den Aufladedruck abzusenken, wenn die Motordrehzahl mit der weit geöffneten Drosselklappe erhöht wird, während die Druckwelle sich längs des zweiten Druckfortpflanzungsweges ausbreitet, und daß der Schließzeitpunkt des Einlaßventils nicht vor 40° nach dem unteren Totpunkt festgesetzt ist, wobei das Einlaßventil als in seiner Schließstellung befindlich angesehen wird, wenn der Ventilhub nicht größer als 1 mm ist.

Wie in den JP-PatOSEN 62-1 21 828 und 61-1 57 716 der Anmelderin offenbart ist, gibt es zwei bekannte Arten von Ansaugsystemen, die dazu ausgebildet sind, Maschinen mittels eines kinetischen Effekts der Ansaugluft aufzuladen. Die eine ist eine Art, bei der ein Beharrungs-Abstimmeneffekt der Ansaugluft verwendet wird, während die andere eine Art ist, bei der ein Resonanz-Abstimmeneffekt der Ansaugluft genutzt wird. Die erste Art wird als "Beharrungs-Aufladeansaugsystem" bezeichnet, wobei das Aufladen durch das Beharrungs-Aufladeansaugsystem als die "Beharrungsaufladung" im folgenden bezeichnet wird. In gleichartiger Weise wird die zweite Art "Resonanz-Aufladeansaugsystem" genannt, wobei das Aufladen durch das Resonanz-Aufladeansaugsystem im folgenden als "Resonanzaufladen" bezeichnet wird.

Die Motordrehzahl, bei der die Aufladewirkung durch den kinetischen Effekt der Ansaugluft ein Maximum wird, wird als Motordrehzahl bestimmt, bei der der volumetrische Füllungsgrad einen Maximalwert erreicht, wobei der volumetrische Füllungsgrad durch die folgende Formel wiedergegeben wird:

$$V_e = G/P_1 \cdot V_n,$$

worin V_e den volumetrischen Füllungsgrad, G die tatsächlich in den Brennraum eingeführte Gasmasse, P_1 die Gasdichte im Ansaugkanal stromab vom Kompressor des Turboladers und V_n das Volumen des Brennraumes, wenn der Kolben im unteren Totpunkt (UT) ist, angeben.

Die Motordrehzahl, bei der die Aufladewirkung durch den kinetischen Effekt der Ansaugluft zu einem Maximum wird, wird im folgenden als die "Abstimm-Motordrehzahl" bezeichnet. Diese Abstimm-Motordrehzahl hängt von der Länge, dem Durchmesser, dem Volumen u. dgl. des Ansaugkanals ab und kann mathematisch bestimmt werden, worauf im folgenden in Verbindung mit den erfundungsgemäßen Ausführungsformen im einzelnen eingegangen werden wird.

Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen anhand von verschiedenen Ausführungsformen des Erfindungsgegenstandes erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer mit einem Ansaugsystem in einer ersten Ausführungsform gemäß

der Erfindung ausgestatteten Brennkraftmaschine;

Fig. 2 Diagramme zur Erläuterung der Aufladewirkung durch den kinetischen Effekt der Ansaugluft;

Fig. 3 ein Diagramm zur Darstellung der Wirkung des in Fig. 1 gezeigten Ansaugsystems;

Fig. 4 ein Diagramm zur Darstellung der Ventil-Zeitsteuerung bei dem in Fig. 1 gezeigten Ansaugsystem;

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer mit einem Ansaugsystem in einer zweiten Ausführungsform gemäß der Erfindung ausgestatteten Brennkraftmaschine;

Fig. 6 eine schematische Darstellung einer mit einem Ansaugsystem in einer dritten Ausführungsform gemäß der Erfindung ausgestatteten Brennkraftmaschine;

Fig. 7 ein Diagramm zur Erläuterung der Wirkung des in Fig. 6 gezeigten Ansaugsystems;

Fig. 8 eine schematische Darstellung einer mit einem Ansaugsystem in einer vierten erfundungsgemäßen Ausführungsform ausgestatteten Brennkraftmaschine;

Fig. 9 ein Diagramm zur Erläuterung der Wirkung des in Fig. 8 gezeigten Ansaugsystems;

Fig. 10 eine schematische Darstellung einer mit einem Ansaugsystem in einer fünften Ausführungsform gemäß der Erfindung ausgestatteten Brennkraftmaschine;

Fig. 11 eine schematische Darstellung einer mit einem Ansaugsystem in einer sechsten Ausführungsform gemäß der Erfindung ausgestatteten Brennkraftmaschine;

Fig. 12 eine schematische Darstellung einer V6-Brennkraftmaschine, die mit einem Ansaugsystem in einer siebenten Ausführungsform gemäß der Erfindung ausgestattet ist.

Gemäß Fig. 1 ist ein 4-Zylindermotor 1 mit einem Ansaugsystem in einer Ausführungsform gemäß der Erfindung ausgestattet und hat in einer Reihe angeordnete erste bis vierte Zylinder 2a-2d, deren Zündfolge 1-3-4-2 ist. Jeder Zylinder ist mit einer Ansaugöffnung 4, die zu vorbestimmten Zeitpunkten durch ein (nicht gezeigtes) Einlaßventil geöffnet sowie geschlossen werden, und mit einer Auslaßöffnung 6, die zu vorbestimmten Zeitpunkten durch ein (nicht gezeigtes) Auslaß- oder Auspuffventil geöffnet und geschlossen werden, versehen. Die Ansaugöffnungen für die jeweiligen Zylinder 2a-2d sind durch einen Ansaugkanal 7 mit der Atmosphäre verbunden. Der Ansaugkanal 7 umfaßt getrennte Ansaugkanäle 8a-8d, die jeweils mit den Zylindern 2a-2d verbunden sind, einen ersten Ansaugkanalzweig 9, mit dem die stromaufwärtigen Enden der getrennten Ansaugkanäle 8a sowie 8d für den ersten und vierten Zylinder 2a und 2d verbunden sind, sowie einen zweiten Ansaugkanalzweig 10, mit dem die stromaufwärtigen Enden der getrennten Ansaugkanäle 8b und 8c für den zweiten und dritten Zylinder 2b und 2c in Verbindung stehen. Das bedeutet, daß sich die getrennten Ansaugkanäle für zwei Zylinder, deren Ansaughöhe voneinander in der Zeitsteuerung um 360° unterschiedlich sind, vereinen und mit einem Ansaugkanalzweig verbunden sind. Die beiden Zylinder, die jeweils mit dem ersten und zweiten Ansaugkanalzweig 9 und 10 in Verbindung stehen, zünden folglich nicht einer nach dem anderen.

Die stromaufwärtigen Enden der beiden Ansaugkanalzweige 9 und 10 vereinigen sich, um ein Verbindungsstück oder Verzweigungsstück 14 zu bilden, das über einen gemeinsamen Ansaugkanal 11, der im stromaufwärtigen Bereich mit einem (nicht gezeigten) Luftfilter versehen ist, mit der Atmosphäre in Verbindung steht. Der erste und zweite Ansaugkanalzweig 9 und 10 sind untereinander an jeweils mittig gelegenen Stellen durch einen Verbindungskanal 12 verbunden. An den entgegengesetzten

setzten. Enden des Verbindungskanals 12 ist jeweils ein Ein-Aus-Ventil 13 angeordnet, die den Verbindungskanal 12 synchron miteinander unter der Steuerung von einem Steuergerät 30 öffnen und schließen. Das Verzweigungsstück 14 der beiden Ansaugkanalzweige 9 und 10 bildet ein erstes Druckreflexionsteil, während der Verbindungskanal 12 ein zweites Druckreflexionsteil ist. Drosselklappen 31 zur Regelung der Ansaugluftmenge sind in den jeweiligen Ansaugkanalzweigen 9 und 10 angeordnet.

Ein Kompressor 15a des Turboladers 15 befindet sich stromab von dem (nicht gezeigten) Luftfilter im gemeinsamen Ansaugkanal 11, und stromab vom Kompressor 15 ist ein Zwischenkühler 16 angeordnet. Die Auspuff- oder Auslaßöffnungen 6 stehen mit der Atmosphäre über einen Abgaskanal 17 in Verbindung, wobei eine Turbine 15b des Turboladers 15 im Abgaskanal 17 angeordnet und antriebsseitig mit dem Kompressor 15a verbunden ist, um der Ansaugluft mittels des Abgasdrucks eine Druckerhöhung zu vermitteln. Der Abgaskanal 17 ist mit einem Umgehungskanal 18 versehen, der so angeschlossen ist, daß die Turbine 15b des Turboladers 15 umgangen wird. Der Umgehungskanal 18 ist normalerweise durch ein Regelventil 19 oder einen in das Freie führenden Nebenauslaß geschlossen und wird geöffnet, wenn der Druck im Ansaugkanal 7 stromab vom Kompressor 15a einen vorbestimmten Wert überschreitet.

Das Regelventil 19 ist mit der Membran 41 eines Stellantriebs 40 verbunden, die durch Federn 41a belastet wird, um das Regelventil 19 zu schließen, und die dem Druck im Ansaugkanal 7 stromab vom Kompressor 15a über eine Verbindungsleitung 42 ausgesetzt ist, so daß auf die Membran 41 ein Druck zum Öffnen des Regelventils 19 ausgeübt wird. Die Druckkraft der Federn 41a wird so gewählt, daß der auf die Membran 41 wirkende Druck die Kraft der Federn 41 zum Öffnen des Regelventils 19 überwindet, wenn die Motordrehzahl einen vorbestimmten Wert erreicht, worauf noch eingegangen werden wird.

Das Steuergerät 30 schließt die Ein-Aus-Ventile 13, um die Verbindung zwischen dem ersten sowie zweiten Ansaugkanalzweig 9 sowie 10 über den Verbindungskanal 12 zu unterbrechen, wenn die Motordrehzahl in einem niedrigen Drehzahlbereich der Maschine liegt, und es schließt die Ventile 13, wenn sich die Motordrehzahl in einem hohen Drehzahlbereich befindet.

Das Ansaugsystem in dieser Ausführungsform ist derart ausgebildet, daß ein Beharrungs-Aufladeeffekt, der ein Maximum bei einer Motordrehzahl $N1$ im niedrigen Drehzahlbereich der Maschine wird, erlangt werden kann, wenn die Ein-Aus-Ventile 13 geschlossen sind. Das bedeutet, daß bei geschlossenen Ventilen 13 eine nahe der Ansaugöffnung 4 für einen der Zylinder bei Beginn des Ansaughubes des Zylinders erzeugte negative Druckwelle (Fig. 2-a) stromauf längs des entsprechenden Ansaugkanalzweiges (9 oder 10) fortgepflanzt und am ersten Druckreflexionsteil 14, d.h. am Verzweigungsstück des ersten und zweiten Ansaugkanalzweiges, reflektiert wird. Die negative Druckwelle wird, wenn sie reflektiert wird, in eine positive Druckwelle umgewandelt, welche sich stromab ausbreitet und auf die Ansaugöffnung 4 desselben Zylinders wirkt, so daß eine größere Ansaugmenge in den Zylinder zwangsweise eingeht wird.

Darüber hinaus ist das Ansaugsystem dieser Ausführungsform so ausgebildet, daß ein Beharrungs-Aufladeeffekt, der zu einem Maximum bei einer Motordrehzahl $N2$ im hohen Drehzahlbereich der Maschine wird, er-

langt werden kann, wenn die Ein-Aus-Ventile 13 geöffnet sind. Das bedeutet, daß bei geöffneten Ventilen 13 eine nahe der Ansaugöffnung 4 für einen der Zylinder am Beginn des Ansaughubes des Zylinders erzeugte negative Druckwelle (Fig. 2-a) stromauf längs des zugehörigen Ansaugkanalzweiges (9 oder 10) fortgepflanzt und am zweiten Druckreflexionsteil 12, d.h. dem Verbindungskanal, das bzw. der dem Zylinder näher ist als das erste Druckreflexionsteil 14, reflektiert wird. Die negative Druckwelle wird in eine positive Druckwelle, wenn sie reflektiert wird, umgewandelt und wirkt auf die Ansaugöffnung 4 desselben Zylinders, so daß zwangsläufig eine größere Ansaugmenge in den Zylinder eingebracht wird.

Ferner ist das Ansaugsystem dieser Ausführungsform so ausgebildet, daß ein Resonanz-Aufladeeffekt, der ein Maximum bei einer Motordrehzahl $N3$, die höher ist als die Motordrehzahl $N2$, wird, erlangt werden kann, wenn die Ein-Aus-Ventile 13 geöffnet sind. Bei der Resonanzaufladung wirkt eine am Ende des Ansaughubes von einem der Zylinder, die mit demselben Ansaugkanalzweig (9 oder 10) verbunden sind und deren Saughübe zueinander in der Zeit um 360° unterschiedlich sind, erzeugte positive Druckwelle (Fig. 2-b) auf die Ansaugöffnung 4 für den anderen Zylinder, um eine größere Ansaugluftmenge in den Zylinder zwangsläufig einzuführen. In Fig. 2 sind mit OT der obere Totpunkt, mit UT der untere Totpunkt, mit IO der Einlaßventil-Öffnungszeitpunkt und mit IC der Einlaßventil-Schließzeitpunkt bezeichnet.

Wenn die Motordrehzahl allmählich bei weit geöffneten Drosselklappen 31 erhöht wird, so steigt der Druck im Ansaugkanal 7 stromab vom Kompressor 15a allmählich an. Erreicht der Druck einen vorbestimmten Wert, so beginnt das Regelventil 19, den Umgehungskanal 18 zu öffnen. Bei geöffnetem Umgehungskanal 18 strömt ein Teil des Abgases durch diesen Umgehungskanal 18, und die Abgasmenge, die zur Drehung der Turbine 15b dient, wird begrenzt, so daß der Aufladedruck im wesentlichen auf den vorbestimmten Wert gedrückt oder beschränkt wird. Der Druck im Ansaugkanal 7 stromabwärts vom Kompressor 15a erreicht den vorbestimmten Wert bei einer niedrigeren Motordrehzahl, wenn die Ein-Aus-Ventile 13 geschlossen sind, als wenn diese Ventile 13 offen sind.

Die Motordrehzahl, bei der der Druck den vorbestimmten Wert erreicht, wird im folgenden als die "Grenz-Motordrehzahl", d.h. eine begrenzte oder gesperrte Motordrehzahl, bezeichnet, und die Grenz-Motordrehzahl bei geschlossenen Ein-Aus-Ventilen 13 wird als "Grenz-Motordrehzahl für den Niederdruckfortpflanzungsweg", d.h. für den Fortpflanzungsweg bei dem Druck mit niedrigerer Drehzahl, bezeichnet, während die Grenz-Motordrehzahl, wenn die Ein-Aus-Ventile 13 geöffnet sind, als die "Grenz-Motordrehzahl" für den "Höherdruckfortpflanzungsweg" bezeichnet wird.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die Abstimm-Motordrehzahl $N1$ für den Niederdruckfortpflanzungsweg, d.h. die Motordrehzahl, bei der der Beharrungs-Aufladeeffekt maximiert wird, wenn die Ein-Aus-Ventile 13 geschlossen sind, niedriger festgesetzt als die Grenz-Motordrehzahl für den Höherdruckfortpflanzungsweg. Bei der vorliegenden speziellen Ausführungsform ist die Grenz-Motordrehzahl für den Höherdruckfortpflanzungsweg höher als die Resonanz-Abstimm-Motordrehzahl $N3$, wie in Fig. 3 gezeigt ist, in welcher die Grenz-Mo-

tordrehzahl für den Höherdrehzahl-Druckfortpflanzungsweg mit $N4$ angegeben ist.

Ferner werden bei dieser speziellen Ausführungsform die Einlaßventile bei 60° nach dem UT geschlossen, wie in Fig. 4 gezeigt ist. Die Einlaßventile werden als geschlossen angesehen, wenn der Ventilhub nicht größer als 1 mm ist.

Bei dem Ansaugsystem dieser Ausführungsform kann durch den Beharrungs-Aufladeeffekt der Ansaugluft der volumetrische Füllungsgrad in zufriedenstellender Weise im niedrigen Drehzahlbereich der Maschine erhöht werden, in dem herkömmlicherweise die Wirkung des Turboladers 15 auf Grund des mäßigen Abgasdrucks nicht zufriedenstellend gewesen ist.

Da die Aufladewirkung durch den kinetischen Effekt der Ansaugluft auch in dem hohen Drehzahlbereich der Maschine, der niedriger als die Grenz-Motordrehzahl für den Höherdrehzahl-Druckfortpflanzungsweg ist, durch Öffnen der Ein-Aus-Ventile 13 erlangt werden kann, kann ferner der volumetrische Füllungsgrad im niedrigen Drehzahlbereich verbessert werden, ohne am volumetrischen Füllungsgrad im hohen Motordrehzahlbereich einen Verlust zu erleiden, wie in Fig. 3 gezeigt ist.

Weil der Schließzeitpunkt der Einlaßventile verzögert wird und die Einlaßventile geschlossen werden, nachdem der Kolben den UT durchlaufen hat, wird zwar der Wirk-Verdichtungsgrad vermindert. Auf Grund der Aufladewirkung durch den kinetischen Effekt der Ansaugluft wird jedoch im Gegensatz hierzu der volumetrische Füllungsgrad erhöht, wie aus der Fig. 3 deutlich wird. In zum Aufladen durch den Turbolader 15 gegenüberlicher Weise hebt gleichzeitig das Aufladen durch den kinetischen Effekt der Ansaugluft nicht die Temperatur des in den Brennraum eingeführten Luft-Kraftstoffgemischs an, so daß folglich das Auftreten des Motorklopfs unterdrückt werden kann.

Die Abstimm-Motordrehzahl kann auf einen gewünschten Wert durch Wahl der Länge, des Durchmessers, des Volumens u.dgl. des Druckausbreitungssystems festgesetzt werden. Beispielsweise kann die Beharrungs-Abstimm-Motordrehzahl $N1$ für den Niederdrehzahl-Druckfortpflanzungsweg in dieser Ausführungsform auf der Grundlage der folgenden Formel bestimmt werden:

$$N1 = \Theta v/6,$$

worin Θ den Kurbelwinkel ($^\circ$), für den das Einlaßventil geöffnet wird, und v die Eigenfrequenz der Luftsäule in der Ansaugleitung ist, die aus dem stromab von der Verbindungsstelle 14 liegenden Teil einer der Zweigansaugleitungen und den mit der Zweigansaugleitung verbundenen Einzel-Ansaugleitungen besteht. Die Eigenfrequenz v ist durch die folgende Formel gegeben:

$$v = a/4 (l + l' \cdot f/f' + Vm/f),$$

worin l die Länge (in m) des Ansaugkanals zwischen einem (z.B. 2a) der mit demselben Ansaugkanalzweig (z. B. 9) verbundenen Zylinder und dem ersten Druckreflexionsteil 14, f die mittlere Querschnittsfläche (in m^2) des Ansaugkanals zwischen diesem einen Zylinder und dem ersten Druckreflexionsteil 14, l' die Länge (in m) des Ansaugkanals zwischen dem anderen Zylinder (z.B. 2d) und dem Verzweigungsteil der getrennten Ansaugkanäle 8a sowie 8d für die beiden Zylinder, a die Schallgeschwindigkeit und Vm das mittlere Volumen (in m^3) des Brennraumes während der Zeit, in der das Einlaßventil offen ist, bezeichnen.

Die Beharrungs-Abstimm-Motordrehzahl $N2$ für den Höherdrehzahl-Druckfortpflanzungsweg kann bei dieser Ausführungsform in gleichartiger Weise bestimmt werden, indem die Länge des Ansaugkanals zwischen einem der Zylinder und dem zweiten Druckreflexionsteil sowie die mittlere Querschnittsfläche von diesem für l und f jeweils in der obigen Formel substituiert werden.

Die Fig. 5 zeigt eine zweite Ausführungsform gemäß der Erfindung, wobei zu Teilen der Fig. 1 gleiche Teile mit denselben Bezugszahlen bezeichnet sind und nicht näher erläutert werden. Bei dieser Ausführungsform sind die getrennten Ansaugkanäle 8a und 8d für den ersten und vierten Zylinder 2a sowie 2d mit einem ersten Ansaugkanalzweig 9' und die getrennten Ansaugkanäle 8b und 8c für den zweiten und dritten Zylinder 2b sowie 2c mit einem zweiten Ansaugkanalzweig 10' verbunden. Die stromaufwärtigen Enden der jeweiligen

Ausaugkanalzweige 9' und 10' vereinigen sich miteinander, um ein Verzweigungsstück 14 zu bilden, an das das stromabwärts Ende des gemeinsamen Ansaugkanals 11 angeschlossen ist. Das Verzweigungsstück 14 bestimmt ein erstes Druckreflexionsteil. Der erste und zweite Ansaugkanalzweig 9' und 10' sind untereinander durch einen Verbindungskanal 12', der ein zweites Druckreflexionsteil bestimmt, verbunden. Der Verbindungskanal 12' ist mit einem Ein-Aus-Ventil 13 versehen, das unter der Wirkung des Steuergeräts 30 den Verbindungskanal 12' öffnet bzw. schließt.

Wie bei der vorher beschriebenen Ausführungsform ist das Ansaugsystem dieser Ausführungsform so ausgebildet, daß eine Beharrungs-Aufladewirkung, die bei einer Motordrehzahl $N1$ im niedrigen Drehzahlbereich ihr Maximum erreicht, erhalten werden kann, wenn das Ein-Aus-Ventil 13 geschlossen ist. In der Schließlage dieses Ventils 13 wird eine nahe der Ansaugöffnung 4 für einen der Zylinder am Beginn des Saughubes des Zylinders erzeugte negative Druckwelle stromauf längs des zugehörigen Ansaugkanalzweiges (9' oder 10') fortgepflanzt und am ersten Druckreflexionsteil 14, d.h. dem Verzweigungsstück des ersten und zweiten Ansaugkanalzweiges, reflektiert. Die negative Druckwelle wird, wenn sie reflektiert wird, in eine positive Druckwelle umgewandelt, die stromabwärts fortgepflanzt wird und auf die Ansaugöffnung 4 derselben Zylinders wirkt, so daß eine größere Ansaugmenge zwangsläufig in den Zylinder eingeführt wird.

Ferner ist das Ansaugsystem dieser Ausführungsform so ausgestaltet, daß eine Beharrungs-Aufladewirkung, die ihren Maximalwert bei einer Motordrehzahl $N2$ im hohen Drehzahlbereich der Maschine erreicht, erhalten werden kann, wenn das Ein-Aus-Ventil 13 geöffnet ist. Das bedeutet, daß, wenn dieses Ventil 13 geöffnet ist, eine nahe der Ansaugöffnung 4 für einen der Zylinder am Beginn des Ansaughubes dieses Zylinders erzeugte negative Druckwelle stromauf längs des zugehörigen Ansaugkanalzweiges (9' oder 10') fortgepflanzt und am zweiten Reflexionsteil (am Verbindungskanal) 12', der zum Zylinder näherliegt als das erste Druckreflexionsteil 14, reflektiert wird. Die negative Druckwelle wird, wenn sie reflektiert wird, in eine positive Druckwelle umgewandelt, welche stromab ausgebreitet wird und

auf die Ansaugöffnung 4 des gleichen Zylinders wirkt, so daß eine größere Ansaugmenge zwangsläufig in den Zylinder eingebracht wird.

Darüber hinaus ist das Ansaugsystem dieser Ausführungsform so ausgebildet, daß eine Resonanz-Aufladewirkung, die bei einer Motordrehzahl N_3 , welche höher ist als die Drehzahl N_2 , ihr Maximum erreicht, erhalten werden kann, wenn das Ein-Aus-Ventil 13 geöffnet ist. Bei der Resonanzaufladung wird eine am Ende des Saughubes des einen der Zylinder, die mit demselben Ansaugkanalzweig (9' oder 10') verbunden sind und deren Saughube sich voneinander in der Zeitsteuerung um 360° unterscheiden, erzeugte positive Druckwelle längs des stromaufwärtigen Teils des Ansaugkanalzweiges fortgepflanzt und wirkt auf die Ansaugöffnung 4 für den anderen Zylinder, um in den Zylinder eine größere Ansaugluftmenge unter Zwang einzuführen.

Die Beharrungs-Abstimm-Motordrehzahl N_1 für den Niederdrehzahl-Fortpflanzungsweg kann bei dieser Ausführungsform auf der Grundlage der folgenden Formel bestimmt werden:

$$N_1 = \theta v/6,$$

worin θ der Kurbelwinkel (°), bei dem das Einlaßventil geöffnet wird, und v die Eigenfrequenz der Luftsäule in der Ansaugleitung ist, die aus dem zwischen der Verbindungsstelle 14 und der stromabseitigen Verbindungsleitung 12' liegenden Teil einer der Zweigansaugleitungen und den mit der Zweigansaugleitung verbundenen Einzel-Ansaugleitungen oder getrennten Ansaugkanälen besteht. Die Eigenfrequenz v ist durch die folgende Formel gegeben:

$$v = a/4 (l + V/f + Vm/f),$$

worin l die Länge (in m) des Ansaugkanals zwischen einem (z. B. 2d) der mit demselben Ansaugkanalzweig (z.B. 9') verbundenen Zylinder und dem ersten Druckreflexionsteil 14, f die mittlere Querschnittsfläche (in m^2) des Ansaugkanals zwischen diesem einen Zylinder und dem ersten Druckreflexionsteil 14, V die Summe der Volumina des Ansaugkanals zwischen diesem einen Zylinder (2d) und dem zweiten Druckreflexionsteil 12' sowie des getrennten Ansaugkanals 8a für den anderen Zylinder (2a) und Vm das mittlere Volumen (in m^3) des Brennraumes während der Zeit, in der das Einlaßventil geöffnet ist, wiedergegeben.

Eine dritte Ausführungsform gemäß der Erfindung ist in Fig. 6 gezeigt, wobei zu Fig. 1 gleiche Teile mit denselben Bezugszahlen bezeichnet sind und nicht erneut erläutert werden.

Bei dieser Ausführungsform sind die Zylinder 2a-2d mit einem gemeinsamen Ansaugkanal 111 über lange, getrennte Ansaugkanäle 111a-111d verbunden, welche an den stromaufwärtigen Enden sich vereinigen, um ein Verzweigungsstück 14 zu bilden, das das erste Druckreflexionsteil darstellt. Die getrennten Ansaugkanäle 111a-111d sind untereinander an jeweils zwischenliegenden oder mittigen Stellen durch einen Verbindungskanal 12 verbunden, welcher das zweite Druckreflexionsteil bestimmt. Der Verbindungskanal 12 ist an den Anschlußstellen zu den jeweiligen getrennten Ansaugkanälen 111a-111d mit Ein-Aus-Ventilen 113a-113d versehen, die untereinander gekoppelt sind und durch einen Stellantrieb 114 unter der Einwirkung des Steuergeräts 30 als Einheit geöffnet bzw. geschlossen werden. Das Steuergerät 30 öffnet die Ein-Aus-Ventile

113a-113d im hohen Drehzahlbereich der Maschine. Ferner sind gemäß Fig. 6 ein Rückschlagventil 115, eine Unterdruckkammer 116 sowie ein Dreiwege-Magnetventil 117 vorhanden.

Wie bei den vorher beschriebenen Ausführungsformen ist das Ansaugsystem dieser Ausführungsform so ausgebildet, daß eine Beharrungs-Aufladewirkung, die ihren Maximalwert bei einer Motordrehzahl N_1 im niedrigen Drehzahlbereich erreicht, erhalten werden kann, wenn die Ein-Aus-Ventile 113 geschlossen sind. Das bedeutet, daß im Schließzustand dieser Ventile 113a-113d eine in jedem der Zylinder 2a-2d am Beginn des Saughubes des Zylinders erzeugte negative Druckwelle stromauf längs des zugehörigen getrennten Ansaugkanals fortgepflanzt und am ersten Druckreflexionsteil 14 reflektiert wird. Die negative Druckwelle wird, wenn sie reflektiert wird, in eine positive Druckwelle umgewandelt, welche stromab fortgepflanzt wird und auf die Einlaßöffnung 4 desselben Zylinders wirkt, so daß unter Zwang eine größere Ansaugmenge in den Zylinder eingeführt wird.

Ferner ist das Ansaugsystem dieser Ausführungsform so ausgestaltet, daß eine Beharrungs-Aufladewirkung, die bei einer Motordrehzahl N_2 im hohen Drehzahlbereich ihr Maximum erreicht, erhalten werden kann, wenn die Ein-Aus-Ventile 113a-113d geöffnet sind. Sind diese Ventile 113a-113d offen, so wird eine in jedem der Zylinder 2a-2d am Beginn des Saughubes des Zylinders erzeugte negative Druckwelle stromauf längs des zugehörigen getrennten Ansaugkanals fortgepflanzt und am zweiten Druckreflexionsteil 12 reflektiert. Die negative Druckwelle wird, wenn sie reflektiert wird, in eine positive Druckwelle umgewandelt, die stromab fortgepflanzt wird und auf die Einlaßöffnung 4 desselben Zylinders wirkt, so daß unter Zwang eine größere Ansaugmenge in den Zylinder eingebracht wird.

Die Abstimm-Motordrehzahl N_1 für den Niederdrehzahl-Druckfortpflanzungsweg wird niedriger als die Grenz-Motordrehzahl für den Höherdrehzahl-Druckfortpflanzungsweg und höher als die Grenz-Motordrehzahl für den Niederdrehzahl-Druckfortpflanzungsweg festgesetzt. Die Abstimm-Motor-Drehzahl N_2 für den Höherdrehzahl-Druckfortpflanzungsweg wird höher festgesetzt als die Grenz-Motordrehzahl für den Höherdrehzahl-Druckfortpflanzungsweg, wie in Fig. 7 gezeigt ist. In dieser Fig. 7 sind die Grenz-Motordrehzahl für den Höherdrehzahl-Druckfortpflanzungsweg und die Grenz-Motordrehzahl für den Niederdrehzahl-Druckfortpflanzungsweg jeweils mit IC_H und IC_L angegeben.

Da bei dieser Ausführungsform der Ansaugkanal für jeden Zylinder von den Ansaugkanälen für die anderen Zylinder zwischen dem Zylinder und dem ersten Druckreflexionsteil 14 getrennt ist, unterliegt jeder Zylinder nicht den von den anderen Zylindern erzeugten Druckwellen, so daß folglich die durch jeden Zylinder erzeugte Druckwelle begünstigt wird und eine bessere Beharrungs-Aufladewirkung bei den jeweiligen Abstimm-Motordrehzahlen N_1 und N_2 erlangt werden kann.

Bei dieser Ausführungsform kann das Ausgangsdrehmoment der Maschine im niedrigen Drehzahlbereich erhöht werden, ohne das Ausgangsdrehmoment der Maschine im hohen Drehzahlbereich nachteilig zu beeinflussen, wie aus Fig. 7 deutlich wird, in der Änderungen des Motor-Ausgangsdrehmoments, der Ladeleistung, des volumetrischen Füllungsgrads und des Ladedrucks mit der Motordrehzahl dargestellt sind. Der Ladeleistungsgewinn wird durch die folgende Formel wie-

dergegeben:

$$Ce = G/P_0 \cdot V_n,$$

worin Ce der Ladewirkungsgrad, G die tatsächlich in den Brennraum eingebrachte Gasmasse, P_0 die Gasdichte in der Atmosphäre und V_n das Volumen des Brennraumes, wenn sich der Kolben im UT befindet, kennzeichnen.

Die Fig. 8 zeigt eine vierte Ausführungsform gemäß der Erfindung, wobei wiederum zu Fig. 1 gleiche Teile mit denselben Bezeichnungen bezeichnet sind. Bei dieser Ausführungsform sind der erste und vierte Zylinder 2a und 2d mit einem ersten Ansaugkanalzweig 121 jeweils durch getrennte Ansaugkanäle 8a und 8d verbunden, während der zweite und dritte Zylinder 2b und 2c mit einem zweiten Ansaugkanalzweig 122 jeweils über die getrennten Ansaugkanäle 8b und 8c verbunden sind. Der erste und zweite Ansaugkanalzweig 121 sowie 122 vereinigen sich an ihren jeweils stromaufwärtigen Enden zur Bildung eines Verzweigungsteils 14, das ein erstes Druckreflexionsteil darstellt. Der erste und zweite Ansaugkanalzweig 121 und 122 sind miteinander an jeweils stromauf der Anschlußstellen der getrennten Ansaugkanäle an die Ansaugkanalwege miteinander an zwischenliegenden Abschnitten durch einen Stromauf-Verbindungskanal 123 und an jeweiligen stromabwärtigen Enden durch einen Stromab-Verbindungskanal 124 verbunden. Der Stromauf-Verbindungskanal 123 und der Stromab-Verbindungskanal 124 sind jeweils mit einem ersten sowie einem zweiten Ein-Aus-Ventil 125 bzw. 126 versehen. Der Stromauf-Verbindungskanal 123 stellt ein zweites Druckreflexionsteil dar, während der Stromab-Verbindungskanal ein drittes Druckreflexionsteil bildet. Das erste und zweite Ein-Aus-Ventil 125 und 126 sind beide im niedrigen Drehzahlbereich der Maschine geschlossen, während bei einem Anstieg der Motordrehzahl das erste Ein-Aus-Ventil 125 zuerst bei einer ersten vorbestimmten Motordrehzahl und dann das zweite Ein-Aus-Ventil 126 bei einer zweiten vorbestimmten Motordrehzahl, die über der ersten vorbestimmten Motordrehzahl liegt, geöffnet wird. Das bedeutet, daß in einem Drehzahlbereich über dem zweiten vorbestimmten Drehzahlbereich beide Ein-Aus-Ventile 125 und 126 offen sind.

Bei dieser Ausführungsform ist das Ansaugsystem so ausgebildet, daß es drei Abstimm-Drehzahlen aufweist, d.h. eine Abstimm-Drehzahl N_1 für den Niederdruckfortpflanzungsweg, eine Abstimm-Drehzahl N_2 für den Druckfortpflanzungsweg bei mittlerer Drehzahl und eine Abstimm-Drehzahl N_3 für den Höherdruckfortpflanzungsweg. Die Abstimm-Drehzahl N_1 für den Niederdruckfortpflanzungsweg wird höher als die Grenz-Motordrehzahl für den Niederdruckfortpflanzungsweg IC_L und niedriger als die Grenz-Motordrehzahl für den Mittel- sowie Höherdruckfortpflanzungsweg IC_M sowie IC_H , wie in Fig. 9 dargestellt ist, festgesetzt.

Die Fig. 10 zeigt eine fünfte erfindungsgemäße Ausführungsform, die derjenigen von Fig. 8 ähnlich ist und bei der zu Fig. 8 gleiche Teile mit denselben Bezeichnungen bezeichnet sind und folglich nicht erneut erläutert werden. Bei dieser Ausführungsform sind anstelle einer Verbindung des ersten sowie zweiten Ansaugkanalzweiges 121 sowie 122 durch den Verbindungskanal 123 die Ansaugkanalzweige 121 und 122 an ihren stromaufwärtigen Endbereichen in zwei Abschnitte aufgeteilt. Der erste Ansaugkanal 121 ist in Längsrichtung in einen

ersten sowie zweiten Abschnitt 121a sowie 121b in seinem stromaufwärtigen Endbereich getrennt, wobei der erste Abschnitt 121a mit einem Ein-Aus-Ventil 129 versehen ist. In gleichartiger Weise ist der zweite Ansaugkanalzweig 122 in seinem stromaufwärtigen Endbereich in einen ersten sowie zweiten Abschnitt 122a und 122b getrennt, wobei der erste Abschnitt 122a ein Ein-Aus-Ventil 130 aufweist. Die Ein-Aus-Ventile 129 und 130 werden als Einheit in dem Drehzahlbereich des Motors, der über einer ersten vorbestimmten Drehzahl liegt, geöffnet, während das Ein-Aus-Ventil 126 im stromabwärtigen Verbindungskanal 124 in einem Drehzahlbereich geöffnet wird, der über einer zweiten vorbestimmten Drehzahl liegt, welche größer als die erste vorbestimmte Drehzahl ist. Das bedeutet, daß bei dieser Ausführungsform das Ansaugsystem ebenfalls mit drei Abstimm-Motordrehzahlen versehen ist, d.h. eine Abstimm-Motordrehzahl für den Niederdruckfortpflanzungsweg N_1 , wenn die Ein-Aus-Ventile 126, 129 sowie 130 sämtlich geschlossen sind, einer Abstimm-Motordrehzahl N_2 für den mittleren Drehzahl-Druckfortpflanzungsweg, wenn die Ein-Aus-Ventile 129 sowie 130 geöffnet sind und das Ein-Aus-Ventil 126 geschlossen ist, sowie einer Abstimm-Motordrehzahl N_3 für den Höherdruckfortpflanzungsweg, wenn die Ein-Aus-Ventile 126, 129 und 130 alle geöffnet sind. Diese drei Abstimm-Motordrehzahlen werden in der gleichen Weise wie bei der in Fig. 8 gezeigten Ausführungsform festgesetzt.

Die Fig. 11 zeigt eine sechste erfindungsgemäße Ausführungsform, die derjenigen von Fig. 1 ähnlich ist, so daß folglich lediglich die hierzu bestehenden Unterschiede im folgenden beschrieben werden. Bei dieser Ausführungsform ist der Verbindungskanal 12' dazu vorgesehen, die Verbindungsstelle zwischen den getrennten Ansaugkanälen 8a sowie 8d mit dem ersten Ansaugkanalzweig 9 und die Verbindungsstelle der getrennten Ansaugkanäle 8b sowie 8c mit dem zweiten Ansaugkanalzweig 10 zu verbinden, wobei ein einzelnes Ein-Aus-Ventil 13' im Verbindungskanal 12' vorhanden ist. Die Betriebsweise dieser Ausführungsform ist nahezu die gleiche wie diejenige der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform.

Die Fig. 12 zeigt eine siebente Ausführungsform gemäß der Erfindung, wobei dieses Ansaugsystem bei einem V6-Motor zur Anwendung kommt. Dieser Motor 201 hat sechs Zylinder 202, wobei drei davon in der rechten Zylinderreihe 203 und die restlichen drei Zylinder in der linken Zylinderreihe 204 angeordnet sind. Die drei Zylinder in jeder Reihe zünden nicht einer nach dem anderen. Jeder Zylinder 202 in der rechten Reihe 203 ist über jeweils einen getrennten Ansaugkanal 205 mit einer ersten, im Volumen vergrößerten Kammer 206, die als großvolumige Kammer bezeichnet wird, verbunden. Jeder der Zylinder 202 in der linken Reihe 204 ist über jeweils einen Ansaugkanal 207 mit einer zweiten großvolumigen Kammer 208 verbunden. Die erste großvolumige Kammer 206 ist an einen ersten Ansaugkanalzweig 211 an ihrem stromaufwärtigen Ende angeschlossen, während die zweite großvolumige Kammer 208 an ihrem stromaufwärtigen Ende mit einem zweiten Ansaugkanalzweig 212 verbunden ist. Die erste und zweite großvolumige Kammer 206 und 208 sind untereinander an ihren stromabwärtigen Enden durch einen Verbindungskanal 214 verbunden, in dem ein Ein-Aus-Ventil 215 liegt, das in einem Drehzahlbereich des Motors, der über einem vorbestimmten Drehzahlbereich liegt, unter der Wirkung des Steuergeräts

30 geöffnet wird.

Das Ansaugsystem dieser Ausführungsform ist so ausgestaltet, daß, wenn das Ein-Aus-Ventil 215 geschlossen ist, eine Resonanz-Aufladewirkung bei einer Motordrehzahl, die unter dem vorbestimmten Drehzahlwert liegt, erhalten werden kann und, wenn das Ventil 215 geöffnet ist, eine Resonanz-Aufladewirkung bei einer Motordrehzahl erlangt werden kann, welche höher als die vorbestimmte Drehzahl ist.

Bei dieser Ausführungsform wird die Resonanz-Abstimm-Motordrehzahl N_0 für den Niederdruck-Druckfortpflanzungsweg auf der Grundlage der folgenden Formel bestimmt:

$$N_0 = 60 \cdot 2/3 \cdot v = 40 \cdot v, \quad 10$$

worin v die Eigenfrequenz der Luftsäule in der Ansaugleitung ist, die aus einer der Zweigansaugleitungen, der mit der Zweigansaugleitung verbundenen großvolumigen Kammer und den mit der großvolumigen Kammer verbundenen Einzel-Ansaugleitungen oder getrennten Ansaugkanälen besteht, und durch die folgende Formel gegeben ist:

$$v = a/4 [b + (3 Vd + Vm + Ve)/F], \quad 25$$

worin b die Länge des Ansaugkanalzweiges (z. B. des ersten Ansaugkanalzweiges 211) zwischen der großvolumigen Kammer sowie der Verbindung zwischen dem ersten und zweiten Einlaßkanalzweig 211 und 212, F die mittlere Querschnittsfläche des Ansaugkanalzweiges, Ve das Volumen der großvolumigen Kammer, Vd das Volumen eines jeden getrennten Ansaugkanals, Vm das mittlere Volumen des Brennraumes während des Saughubes und a die Schallgeschwindigkeit wiedergeben. 30

Auch bei dieser Ausführungsform wird die Resonanz-Abstimm-Motordrehzahl für den Niederdruck-Druckfortpflanzungsweg N_0 niedriger als die Grenz-Motordrehzahl, wenn das Ein-Aus-Ventil 215 geöffnet ist, festgesetzt.

Mit kurzen Worten gesagt, offenbart die Erfindung ein Ansaugsystem für eine aufgeladene Brennkraftmaschine, die mit einer Regeleinrichtung versehen ist, die den Ladedruck im Ansaugkanal stromab des Kompressors des Turboladers begrenzt, so daß dieser einen vorbestimmten Wert nicht übersteigt. Der Ansaugkanal hat einen ersten sowie zweiten Druckfortpflanzungsweg stromab vom Kompressor. Die durch den Saughub des Brennraumes erzeugte Druckwelle wird im wesentlichen längs des ersten Druckfortpflanzungsweges, wenn die Maschine mit einer Drehzahl in einem niedrigen Drehzahlbereich unter starker Belastung arbeitet, und im wesentlichen längs des zweiten Druckfortpflanzungsweges, wenn die Maschine mit einer Drehzahl in einem hohen Drehzahlbereich arbeitet, ausgebreitet. 45 Der Teil des Ansaugkanals, der den ersten Druckfortpflanzungsweg bestimmt, wird so ausgebildet, daß eine Aufladewirkung durch einen kinetischen Effekt der Ansaugluft, der bei einer vorbestimmten Motordrehzahl im niedrigen Drehzahlbereich sein Maximum erreicht, erlangt werden kann. Der Teil des Ansaugkanals, der den zweiten Druckfortpflanzungsweg bestimmt, ist so ausgebildet, daß eine Aufladewirkung durch einen kinetischen Effekt der Ansaugluft im hohen Motordrehzahlbereich, wenn die Druckwelle längs des zweiten Druckfortpflanzungsweges ausgebreitet wird, besser ist, als wenn die Druckwelle längs des ersten Druckfortpflanzungsweges ausgebreitet wird. Die vorbestimmte Mo- 50 55 60 65

tordrehzahl ist niedriger als eine Grenz-Motordrehzahl für den zweiten Ansaugkanal.

Anstelle des dargestellten, ins Freie führenden Neubauslasses 19 kann auch eine Einrichtung zur Freisetzung des Aufladedruckes innerhalb des Ansaugsystems oder eine Einrichtung zur Änderung der Ladeleistung des Turboladers als Mittel zur Drucksteuerung in Betracht kommen.

Patentansprüche

1. Ansaugsystem für eine aufgeladene Brennkraftmaschine, das einen an seinem einen Ende mit einem Brennraum (2a-2d, 202) der Maschine und an seinem anderen Ende mit der Atmosphäre verbundenen Ansaugkanal (11) sowie einen Turbolader (15) mit einer in einem Abgaskanal (17) der Maschine angeordneten Turbine (15b), die durch den Druck des durch den Abgaskanal strömenden Abgases gedreht wird, und mit einem im Ansaugkanal angeordneten Kompressor (15a), der zu seinem Antrieb mit der Turbine betrieblich verbunden ist, umfaßt, dadurch gekennzeichnet,

- daß eine Ladedruck-Steuereinrichtung (19) vorhanden ist, die den Aufladedruck stromab vom Kompressor (15a) begrenzt, so daß dieser Druck einen vorbestimmten Druck nicht übersteigt,
- daß der Ansaugkanal (11) einen stromab vom Kompressor (15a) befindlichen ersten sowie zweiten Druckfortpflanzungsweg (9, 10, 111a-111d, 121, 122, 211, 212) umfaßt,
- daß eine Umschalteinrichtung (13, 113a-113d, 125, 126, 129, 130, 215) vorhanden ist, die die Druckfortpflanzungswege ändert, so daß die durch den Ansaughub des Brennraumes erzeugte Druckwelle im wesentlichen längs des ersten Druckfortpflanzungsweges, wenn die Maschine mit einer Drehzahl in einem niedrigen Drehzahlbereich unter hoher Belastung arbeitet, und im wesentlichen längs des zweiten Druckfortpflanzungsweges, wenn die Maschine mit einer Drehzahl in einem hohen Drehzahlbereich und unter hoher Last arbeitet, fortgepflanzt wird,
- daß der den ersten Druckfortpflanzungsweg bestimmende Abschnitt des Ansaugkanals so ausgebildet ist, daß eine Aufladewirkung durch einen kinetischen Effekt der Ansaugluft, welcher bei einer vorbestimmten Motordrehzahl im niedrigen Drehzahlbereich ein Maximum wird, erhalten werden kann, wobei der Teil des Ansaugkanals, der den zweiten Druckfortpflanzungsweg bestimmt, so ausgebildet ist, daß eine Aufladewirkung durch einen kinetischen Effekt der Ansaugluft im hohen Drehzahlbereich, wenn die Druckwelle längs des zweiten Druckfortpflanzungsweges fortgepflanzt wird, besser ist, als wenn die Druckwelle sich längs des ersten Druckfortpflanzungsweges ausbreitet, und
- daß die vorbestimmte Motordrehzahl niedriger als eine Grenz-Motordrehzahl für den zweiten Druckfortpflanzungsweg ist, welche die Motordrehzahl ist, bei welcher die Ladedruck-Steuereinrichtung beginnt, den Aufladedruck abzusenken, wenn die Motordrehzahl mit der weit geöffneten Drosselklappe (31) er-

höht wird, während die Druckwelle sich längs des zweiten Druckfortpflanzungsweges ausbreitet.

2. Ansaugsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß derjenige Teil des Ansaugkanals, der den zweiten Druckfortpflanzungsweg bestimmt, so ausgebildet ist, daß eine Aufladewirkung durch einen kinetischen Effekt der Ansaugluft, der bei einer vorbestimmten Motordrehzahl im hohen Drehzahlbereich ein Maximum wird, erhalten werden kann. 10

3. Ansaugsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Umschalteinrichtung den Druckfortpflanzungsweg auf den zweiten Druckfortpflanzungsweg bei einer Motordrehzahl, die 15 höher als die Grenz-Motordrehzahl für den zweiten Druckfortpflanzungsweg ist, umschaltet.

4. Ansaugsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der geometrische Verdichtungsgrad des Brennraumes größer als 9 ist. 20

5. Ansaugsystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der geometrische Verdichtungsgrad des Brennraumes größer als 10 ist.

6. Ansaugsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schließzeitpunkt des Einlaßventils nicht vor 40° nach dem unteren Totpunkt festgesetzt und das Einlaßventil als geschlossen angesehen wird, wenn der Ventilhub nicht größer als 1 mm ist. 25

7. Ansaugsystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Schließzeitpunkt des Einlaßventils nicht vor 50° nach dem unteren Totpunkt festgesetzt und das Einlaßventil als geschlossen angesehen wird, wenn der Ventilhub nicht größer als 1 mm ist. 30

8. Ansaugsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Maschine eine Mehrzahl von Zylindern (2a-2d, 202) aufweist und die Zylinder in zwei Gruppen unterteilt sind, so daß die Ansaughübe der Zylinder in jeder Gruppe sich voneinander im Takt um 360° unterscheiden, daß die Zylinder in den beiden Gruppen jeweils an ein Paar von Ansaugkanalzweigen (9, 10, 121, 122, 211, 212) von denen jeder ein Paar von Druckreflexionsteilen (12, 14) aufweist, die zu den Zylindern in jeder Gruppe unterschiedliche Abstände haben, angeschlossen sind und daß die Umschalteinrichtung (13, 113a-113d, 125, 126, 129, 130, 215) das den Zylindern näherliegende Druckreflexionsteil (12) unwirksam macht, wenn die durch den Ansaughub des Brennraumes erzeugte Druckwelle im wesentlichen längs des ersten Druckfortpflanzungsweges fortgepflanzt werden soll, und das Druckreflexionsteil wirksam macht, wenn die durch den Ansaughub des Brennraumes erzeugte Druckwelle im wesentlichen längs des zweiten Druckfortpflanzungsweges fortgepflanzt werden soll. 45

9. Ansaugsystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Maschine (1) vier Zylinder aufweist. 60

10. Ansaugsystem für eine aufgeladene Brennkraftmaschine mit einem an seinem einen Ende über eine Ansaugöffnung (4) mit einem Brennraum (2a-2d, 202) der Maschine und an seinem anderen Ende mit der Atmosphäre verbundenen Ansaugkanal (11), mit einem die Ansaugöffnung öffnenden sowie schließenden Einlaßventil sowie mit einem Turbolader (15) mit einer in einem Abgaskanal (17) 65

der Maschine angeordneten Turbine (15b), die durch den Druck des durch den Abgaskanal strömenden Abgases gedreht wird, und mit einem im Ansaugkanal angeordneten Kompressor (15a), der zu seinem Antrieb mit der Turbine betrieblich verbunden ist, dadurch gekennzeichnet,

- daß eine Ladedruck-Steuereinrichtung (19) vorhanden ist, die den Aufladedruck stromab vom Kompressor (15a) begrenzt, so daß dieser Druck einen vorbestimmten Wert nicht übersteigt,

- daß der Ansaugkanal (11) einen stromab vom Kompressor (15a) befindlichen ersten sowie zweiten Druckfortpflanzungsweg (9, 10, 111a-111d, 121, 122, 211, 212) umfaßt,

- daß eine Umschalteinrichtung (13, 113a-113d, 125, 126, 129, 130, 215) vorhanden ist, die die Druckfortpflanzungswege ändert, so daß die durch den Ansaughub des Brennraumes erzeugte Druckwelle im wesentlichen längs des ersten Druckfortpflanzungsweges, wenn die Maschine mit einer Drehzahl in einem niedrigen Drehzahlbereich unter hoher Belastung arbeitet, und im wesentlichen längs des zweiten Druckfortpflanzungsweges, wenn die Maschine mit einer Drehzahl in einem hohen Drehzahlbereich und unter hoher Last arbeitet, fortgepflanzt wird,

- daß der den ersten Druckfortpflanzungsweg bestimmende Abschnitt des Ansaugkanals so ausgebildet ist, daß eine Aufladewirkung durch einen kinetischen Effekt der Ansaugluft, welcher bei einer vorbestimmten Motordrehzahl im niedrigen Drehzahlbereich ein Maximum wird, erhalten werden kann, wobei der Teil des Ansaugkanals, der den zweiten Druckfortpflanzungsweg bestimmt, so ausgebildet ist, daß eine Aufladewirkung durch einen kinetischen Effekt der Ansaugluft im hohen Drehzahlbereich, wenn die Druckwelle längs des zweiten Druckfortpflanzungsweges fortgepflanzt wird, besser ist, als wenn die Druckwelle sich längs des ersten Druckfortpflanzungsweges ausbreitet,

- daß die vorbestimmte Motordrehzahl niedriger als eine Grenz-Motordrehzahl für den zweiten Druckfortpflanzungsweg ist, welche die Motordrehzahl ist, bei welcher die Ladedruck-Steuereinrichtung beginnt, den Aufladedruck abzusenken, wenn die Motordrehzahl mit der weit geöffneten Drosselklappe (31) erhöht wird, während die Druckwelle sich längs des zweiten Druckfortpflanzungsweges ausbreitet, und

- daß der Schließzeitpunkt des Einlaßventils nicht vor 40° nach dem unteren Totpunkt festgesetzt ist, wobei das Einlaßventil als in seiner Schließstellung befindlich angesehen wird, wenn der Ventilhub nicht größer als 1 mm ist.

11. Ansaugsystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß derjenige Teil des Ansaugkanals, der den zweiten Druckfortpflanzungsweg bestimmt, so ausgebildet ist, daß eine Aufladewirkung durch einen kinetischen Effekt der Ansaugluft, der bei einer vorbestimmten Motordrehzahl im hohen Drehzahlbereich ein Maximum wird, erhalten werden kann.

12. Ansaugsystem nach Anspruch 10, dadurch ge-

kennzeichnet, daß die Umschalteinrichtung den Druckfortpflanzungsweg auf den zweiten Druckfortpflanzungsweg bei einer Motordrehzahl, die höher als die Grenz-Motordrehzahl für den zweiten Druckfortpflanzungsweg ist, umschaltet. 5

13. Ansaugsystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der geometrische Verdichtungsgrad des Brennraumes größer als 9 ist.

14. Ansaugsystem nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der geometrische Verdichtungsgrad des Brennraumes größer als 10 ist. 10

15. Ansaugsystem nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Schließzeitpunkt des Einlaßventils nicht vor 50° nach dem unteren Totpunkt festgesetzt und das Einlaßventil als geschlossen angesehen wird, wenn der Ventilhub nicht größer als 1 mm ist. 15

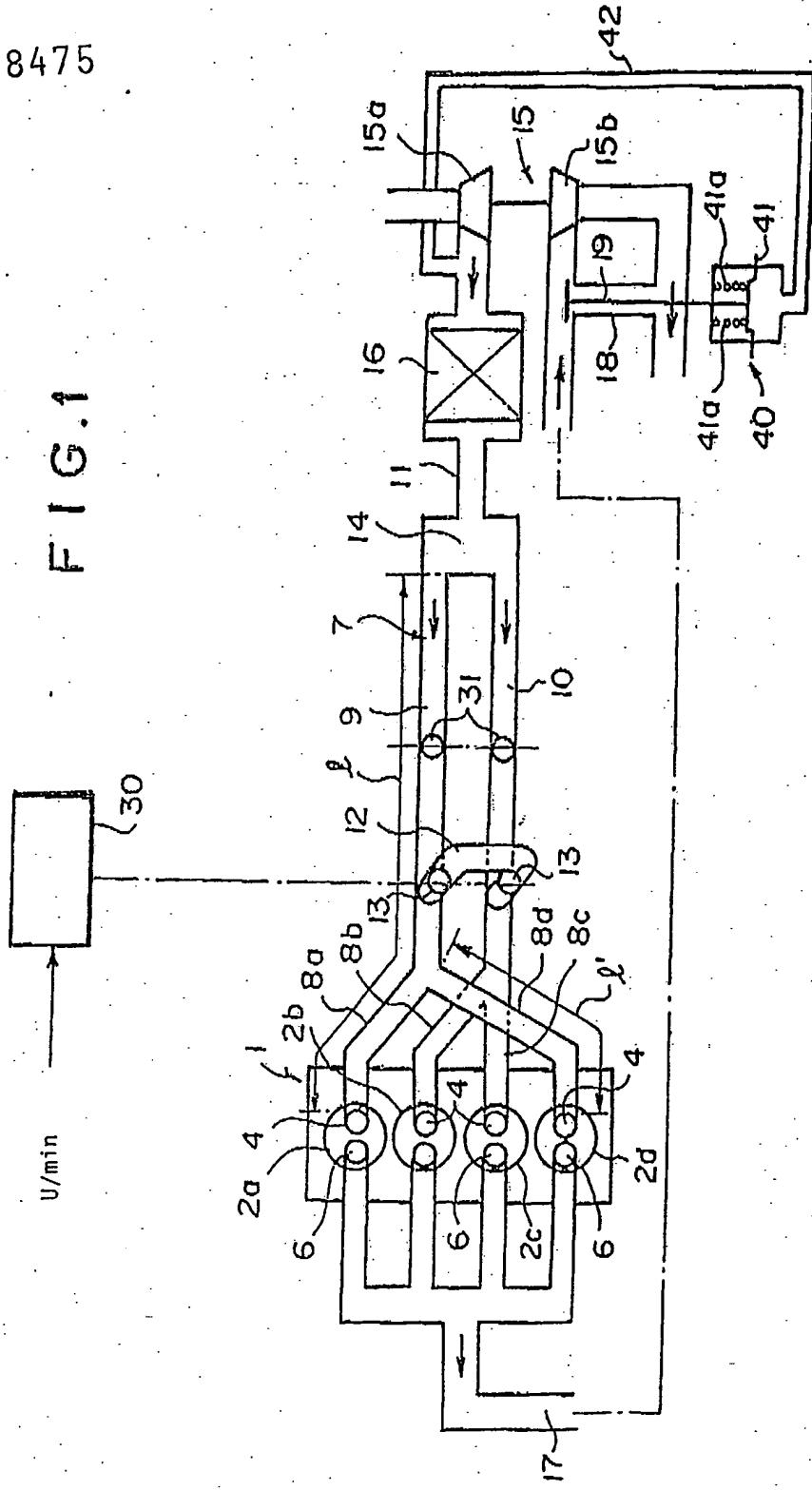
16. Ansaugsystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Maschine eine Mehrzahl von Zylindern ($2a - 2d, 202$) umfaßt und die Zylinder in zwei Gruppen unterteilt sind, so daß die Ansaughübe der Zylinder in jeder Gruppe sich voneinander im Takt um 360° unterscheiden, daß die Zylinder in den beiden Gruppen jeweils an ein Paar von Ansaugkanalzweigen (9, 10, 121, 122, 211, 212), von 20 denen jeder ein Paar von Druckreflexionsteilen (12, 14) aufweist, die zu den Zylindern in jeder Gruppe unterschiedliche Abstände haben, angeschlossen sind und daß die Umschalteinrichtung (13, 113a - 113d, 125, 126, 129, 130, 215) das den Zylindern näherliegende Druckreflexionsteil (12) 25 wirksam macht, wenn die durch den Ansaughub des Brennraumes erzeugte Druckwelle im wesentlichen längs des ersten Druckfortpflanzungsweges fortgepflanzt werden soll, und das Druckreflexionsteil wirksam macht, wenn die durch den Ansaughub des Brennraumes erzeugte Druckwelle im wesentlichen längs des zweiten Druckfortpflanzungsweges fortgepflanzt werden soll. 30

17. Ansaugsystem nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Maschine (1) vier Zylinder umfaßt. 35

Nummer: 39 08 475
Int. Cl. 4: F 02 B 33/44
Anmeldetag: 15. März 1989
Offenlegungstag: 28. September 1989

3908475

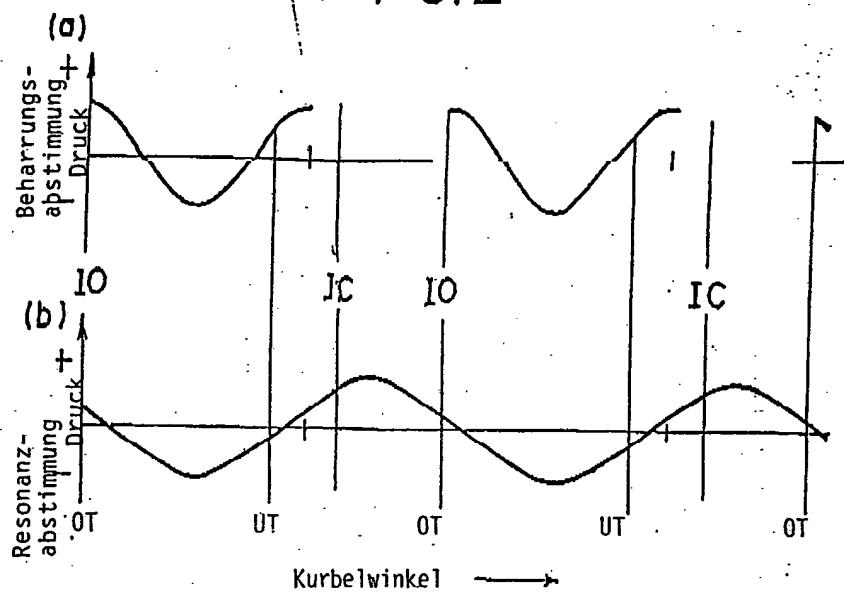
FIG. 1



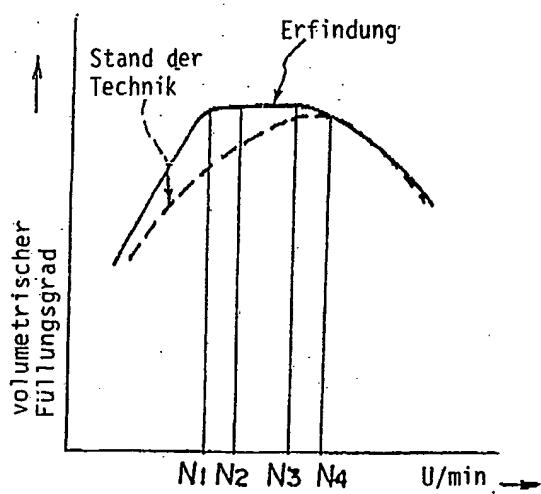
36

3908475

F | G.2



F | G.3



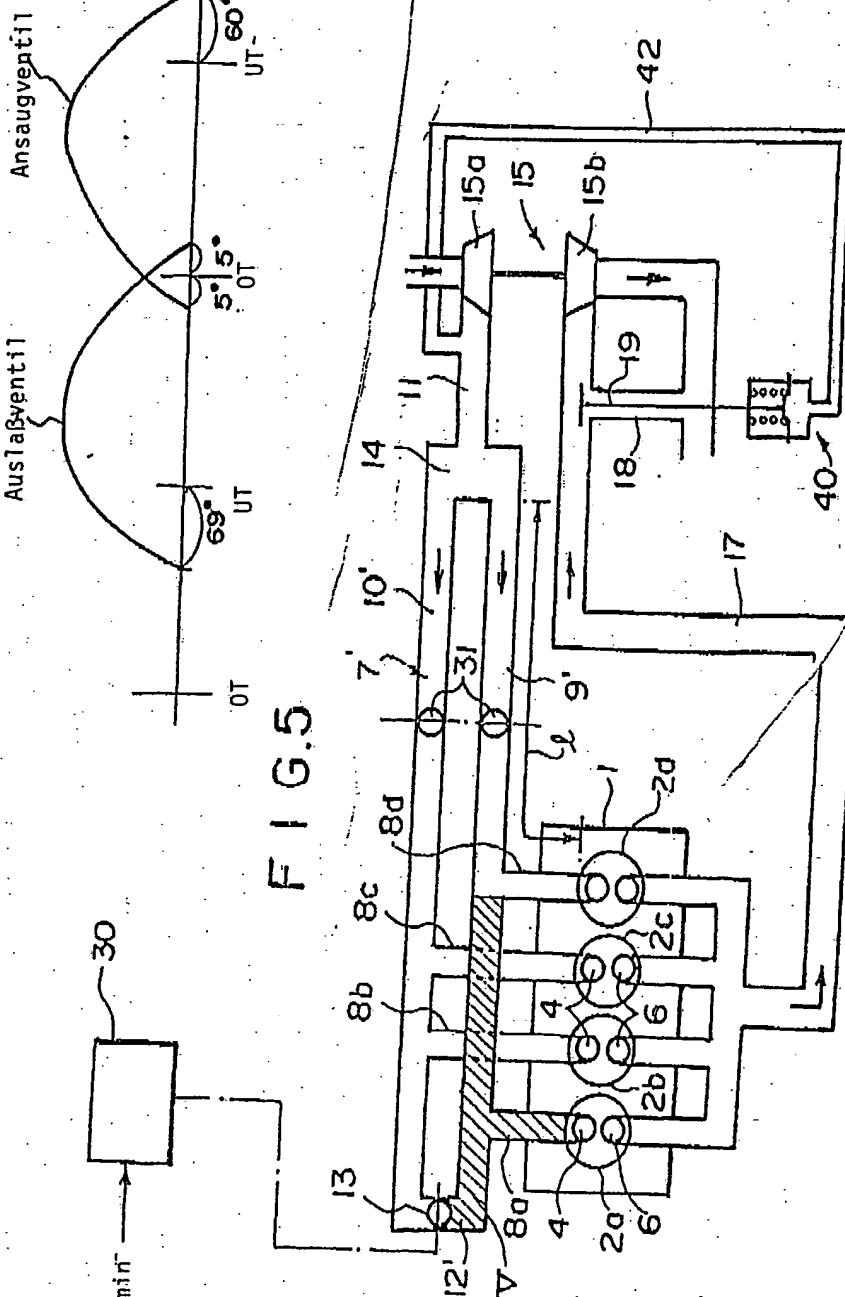
37

3908475

E-I G.4

Auslaßventil Ansaugventil

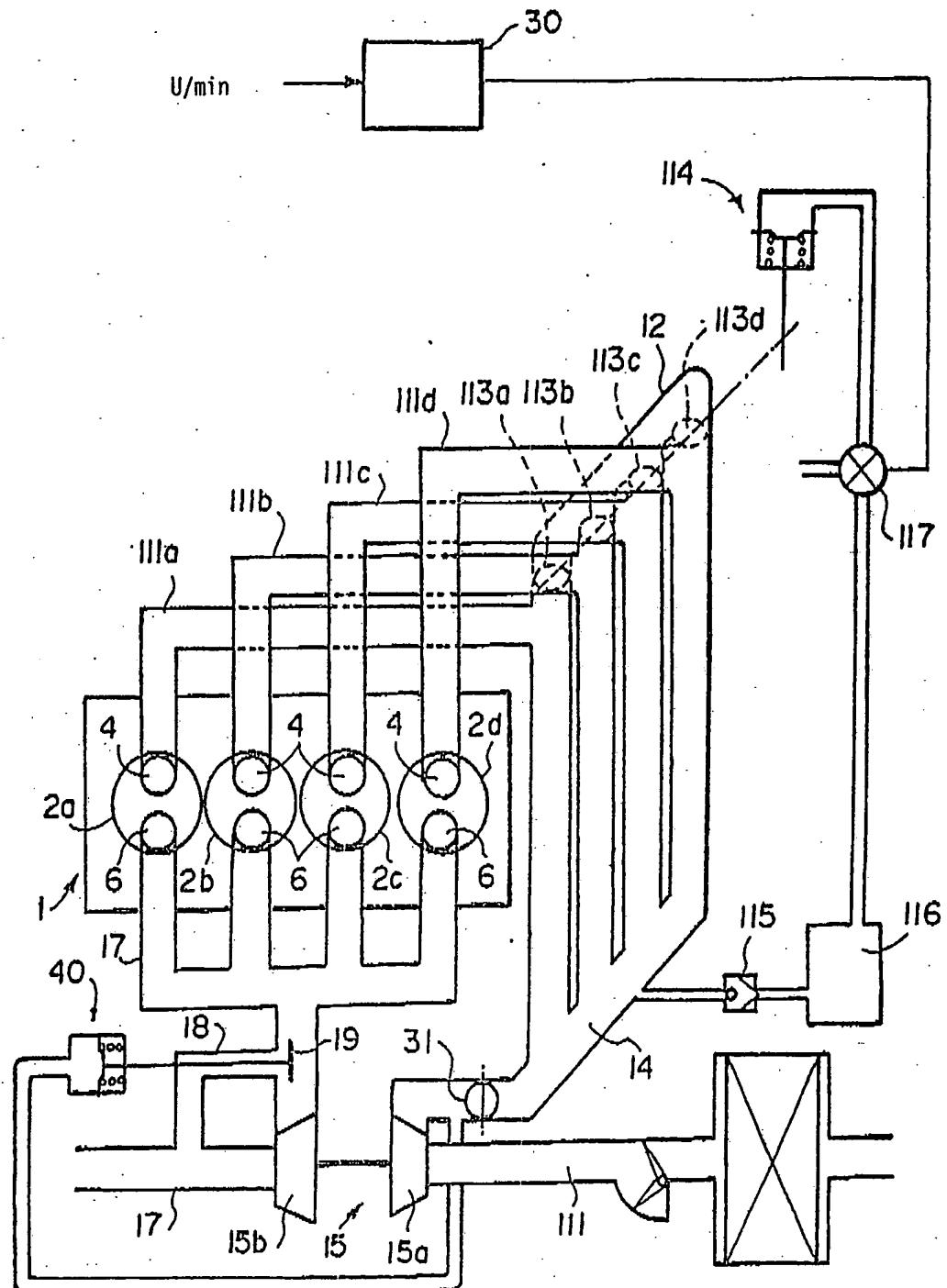
四



3908475

38

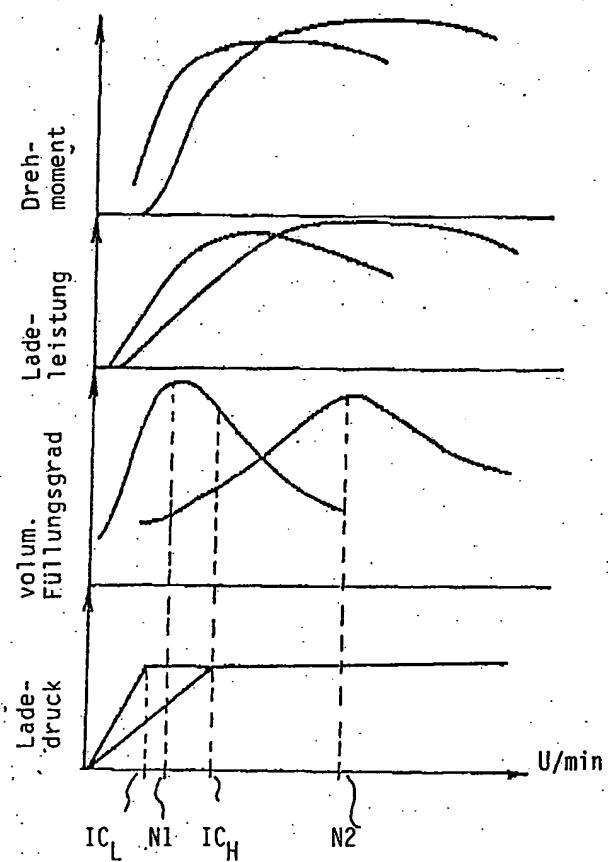
FIG. 6



39

3908475

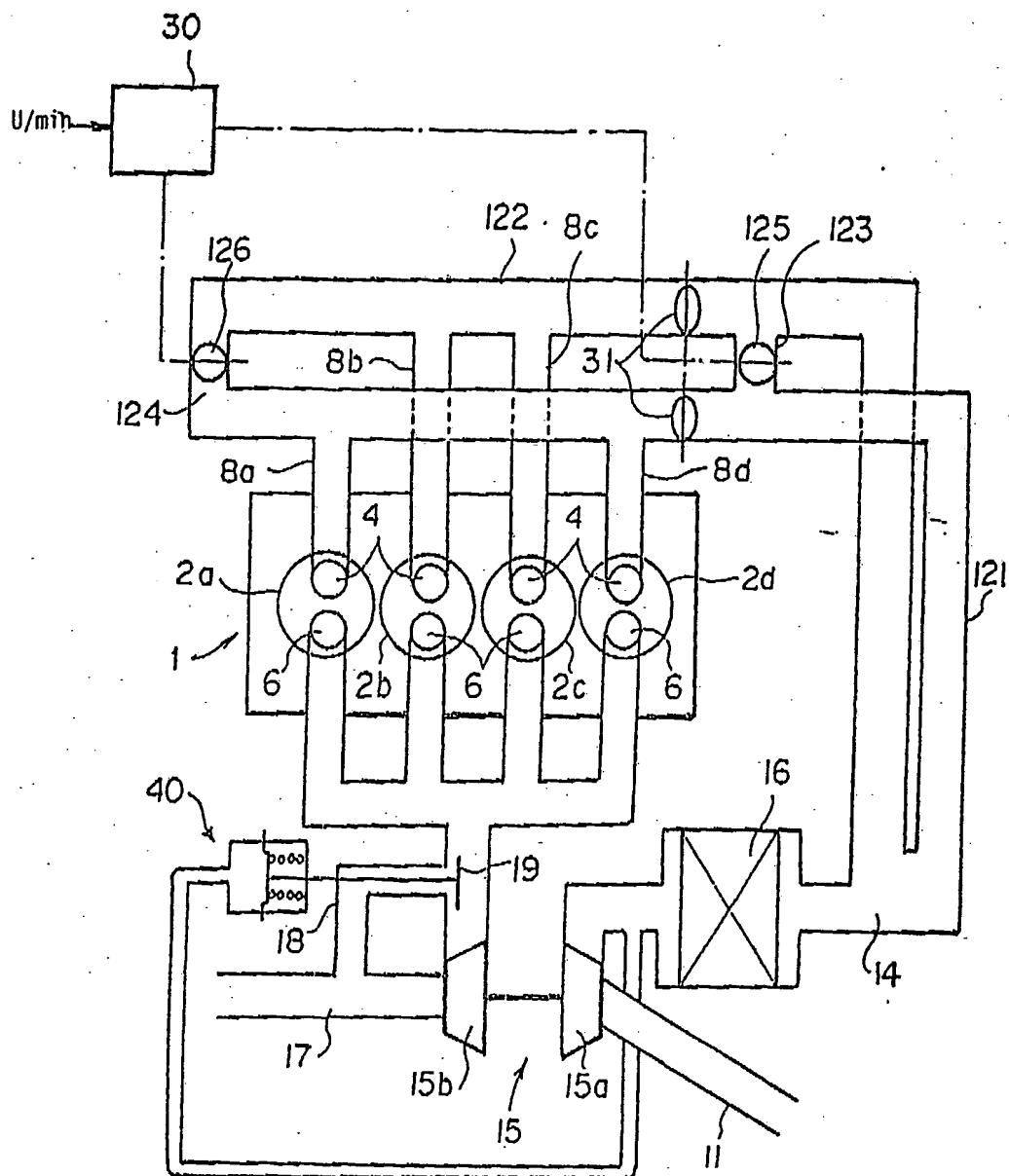
FIG. 7



40

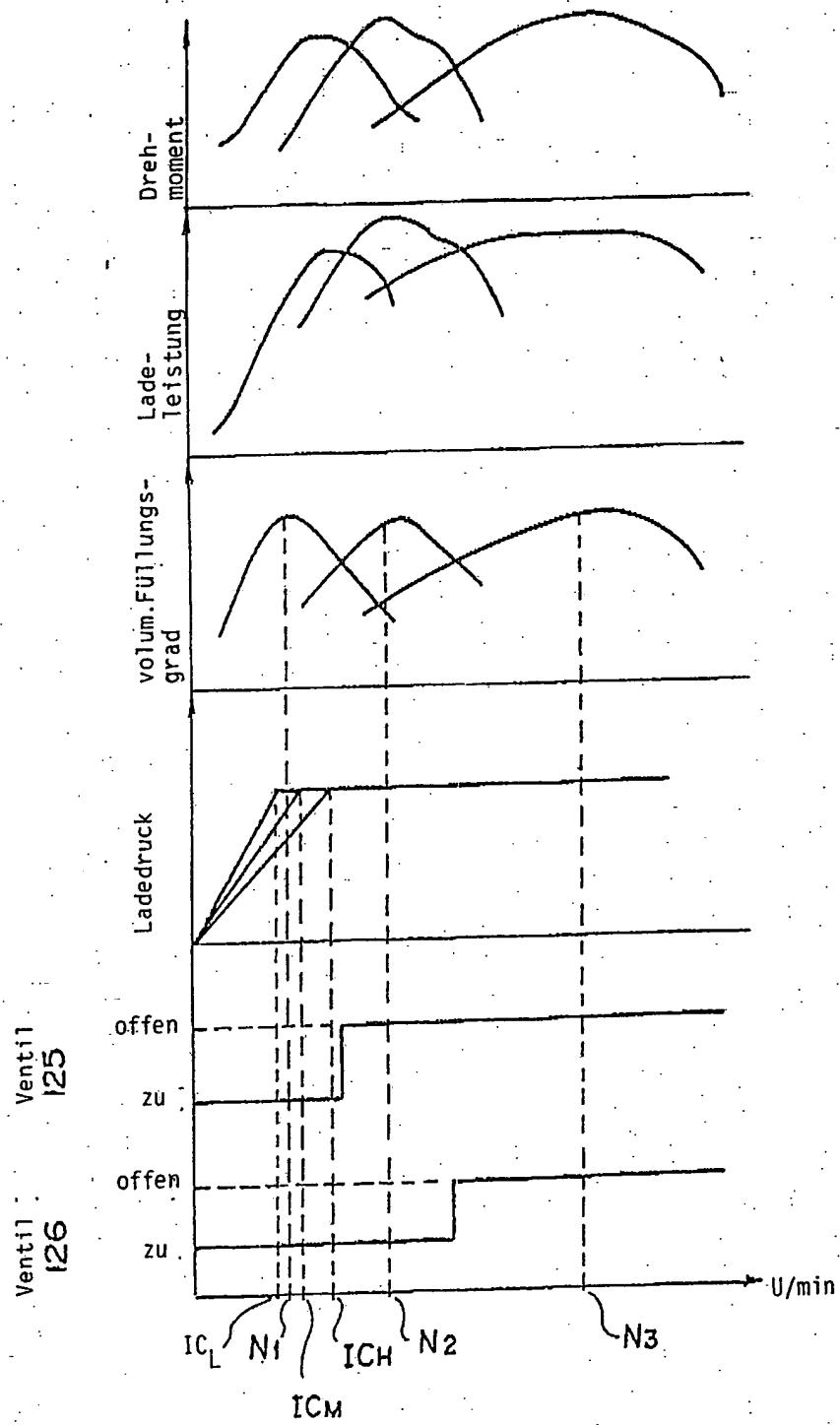
3908475

FIG. 8



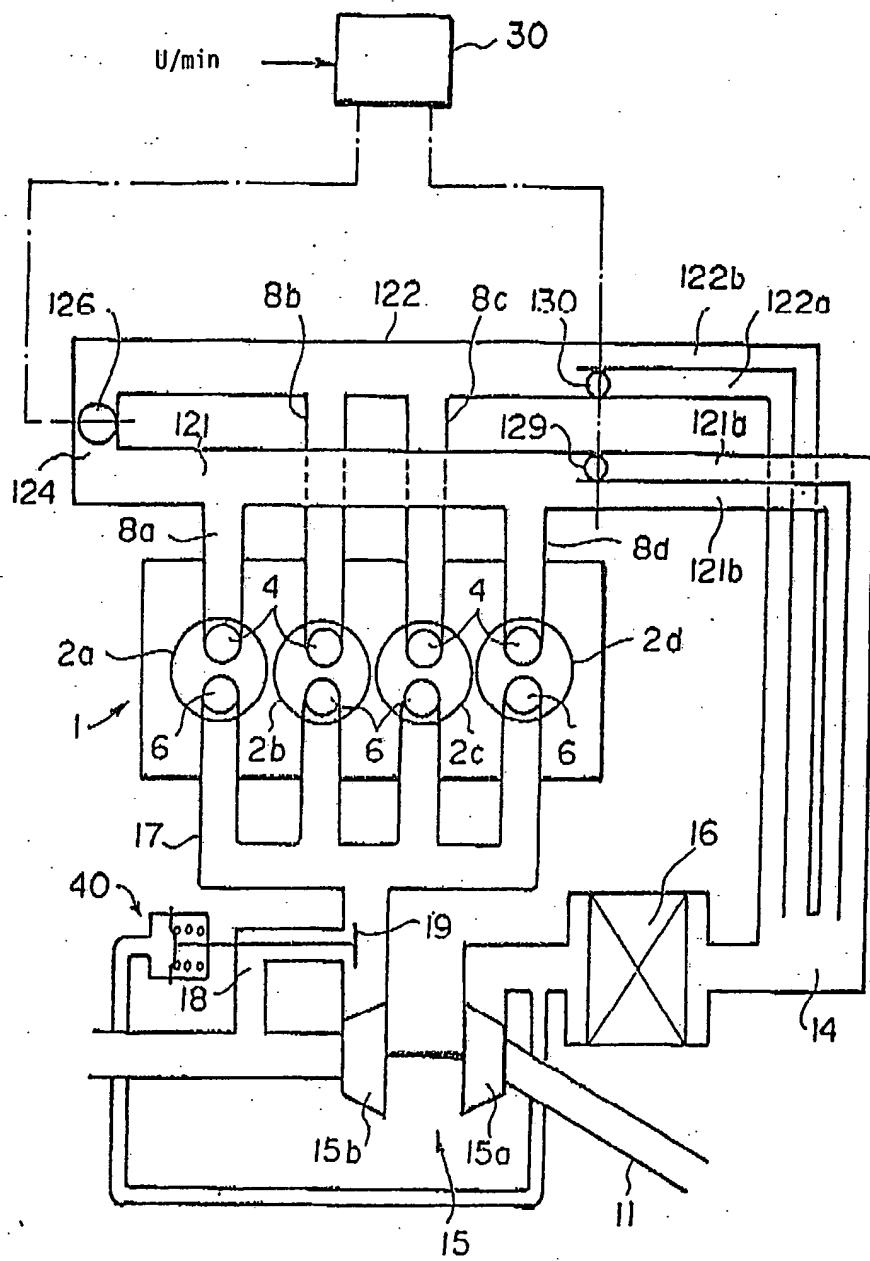
41
3908475

F I G. 9



3908475

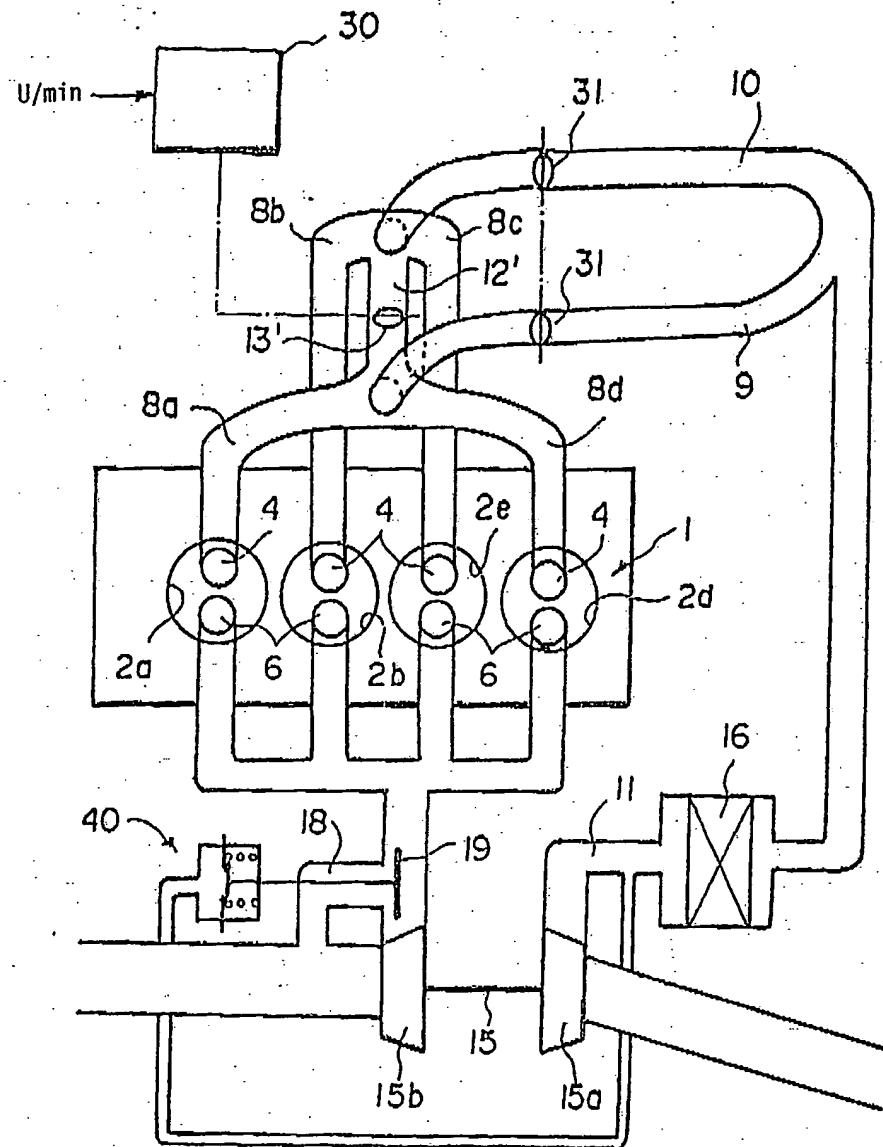
FIG. 10



43

3908475

FIG. 11

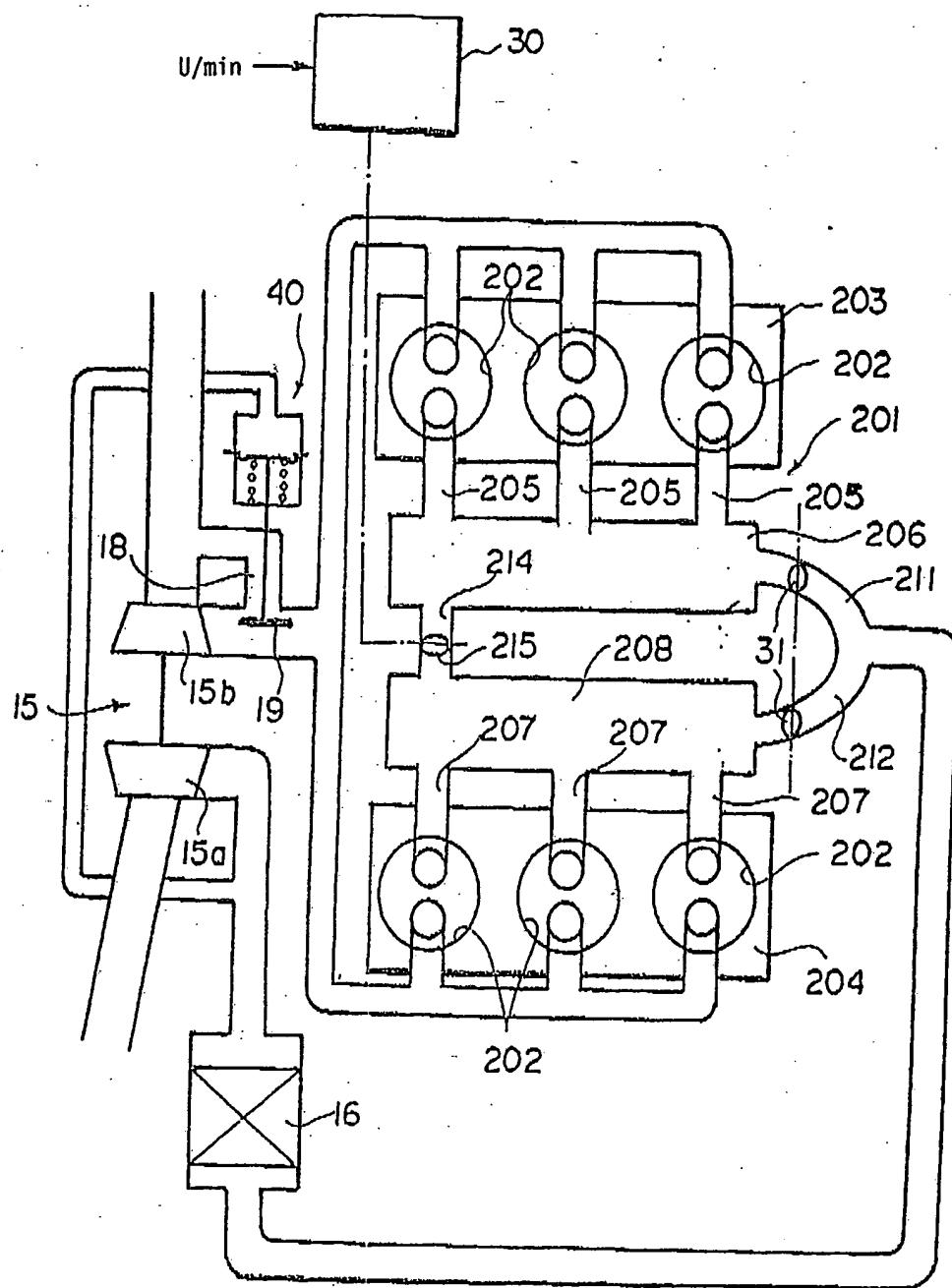


44-100000

44*

FIG. 12

3908475



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.